

# 肌を介した超音波伝送によるハンドジェスチャ及びタッチの認識

横田 智大<sup>†1</sup> 橋田 朋子<sup>†1</sup>

**概要:** 本稿では、スマートウォッチへの入力を拡張する手法として、人体表面を伝送路として超音波の送受信を行う手法に注目した。手首周辺において超音波の送受信を行うことで、「ハンドジェスチャの認識」と「手の上でのタッチの認識」の2つを共に実現することを試みる。プロトタイプを実装し、これらの認識が可能であることを確かめた。

## Both Hand Gesture and Touch Recognition by Transdermal Ultrasound Propagation

TOMOHIRO YOKOTA<sup>†1</sup> TOMOKO HASHIDA<sup>†1</sup>

**Abstract:** In this paper, we describe a novel system that enables convenient interaction for smartwatch input by recognizing both hand gestures and touch by transdermal ultrasound propagation. We implement a prototype device and confirm that this device is able to recognize these two types of interaction.

### 1. はじめに

筆者らは現在、スマートウォッチへの入力手法を拡張するための研究に取り組んでいる。この分野の研究は大きく2つに分類される。1つ目は、スマートウォッチを片手のハンドジェスチャによって操作する研究である。2つ目は、スマートウォッチのタッチインターフェースを、既存の小さな画面の外へ拡張する研究である。様々な研究においてスマートウォッチの操作性を向上させる手法が提案されているが、その多くは上記の2つのインタラクションを同時に実現するものではない。

本研究では、2つのインタラクションを同時に実現する手法として、特定周波数の音波を人体を伝送路として送受信する手法に注目した。先行研究において、大川らは、指に印加した骨導音(1000Hz)の受信波形より指の関節角度を推定し、その角度に応じて振動(200Hz)による触覚フィードバックを行っている[1]。また、Mujibiyarらは、前腕の表面に複数の音源を用いて超音波(35, 40, 45, 50kHz)を印加し、その受信波形より腕上でのタッチ位置(=受信センサで体表に触れた位置)を認識している[2]。本研究においては、ユーザーの手首周辺で超音波を送受信する。1つの音源から掃引信号(25-39kHz)を印加し、ハンドジェスチャとタッチの2つの認識を共に試みる点で、先行研究と異なる。本稿では、プロトタイプとしてバンド型のデバイスを実装し、各認識を行った結果を報告する。

### 2. プロトタイプ

#### 2.1 デバイスの概要

本稿のバンド型デバイスは、アルミケースで覆われた1対の防滴型超音波センサから成る(図1)。デバイスを付け

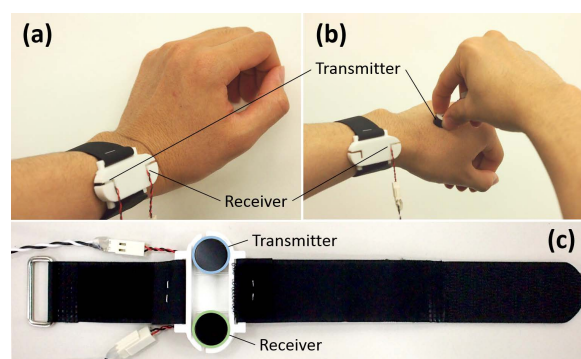


図1 デバイスの外観 (a.ジェスチャ認識, b.タッチ認識, c.全体図)

Figure 1 Appearance of device (a. gesture recognition, b. touch recognition, c. general view)

た手首やその周辺を介して超音波を送受信し、ユーザーの動作に応じて変化する受信波形を解析する。その結果を学習することにより、ジェスチャとタッチの両動作を認識する。

#### 2.2 人体を伝送路とした超音波の送受信

送信側のセンサの振動面(音源)を直接肌に押し当てると、アルミと人体の軟部組織の音響インピーダンスの違いより、音波は人体の内部へほとんど透過せずに体表に沿って流れる。受信側のセンサも同様に肌に押し当てることで、音源と離れた肌上でその波を受信することができる。

#### 2.3 ハンドジェスチャ認識

ハンドジェスチャの認識では、送信センサ・受信センサをともに手首に固定して音波を送受信する。それぞれのセンサの位置は、図2-aに示す位置とした。この部位は短母子伸筋にあたり、手首や指の動きに応じて大きく変形する。よって音波の送受信をしながらジェスチャをすると、動きに応じてセンサの受信波形も大きく変化する。この波形の解析結果を学習することで、片手でのハンドジェスチャを

<sup>†1</sup> 早稲田大学  
Waseda University

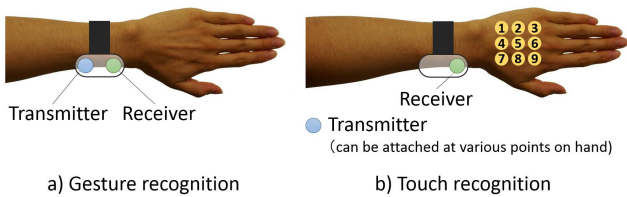


図 2 センサの配置 (a.ジェスチャ認識, b.タッチ認識)  
 Figure 2 Sensor positions (a. gesture recognition, b. touch recognition)

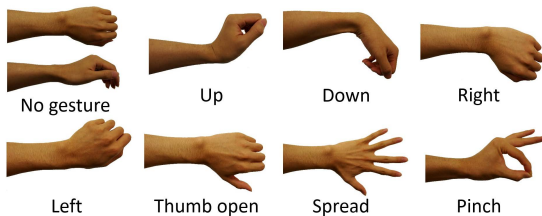


図 3 ジェスチャー一覧  
 Figure 3 Gesture sets

認識する。今回認識したジェスチャの一覧を図 3 に示す。

### 2.4 タッチ認識

タッチの認識では、受信センサのみ手首に固定する (図 2-b)。送信センサは反対の手に持ち、肌上の任意の点に押し当てて用いる。送信センサを当てた位置に応じて、音波が辿る受信センサまでの経路は変化する。センサ間の距離や、経路ごとの音響インピーダンスの違いによって受信波形も変化するため、この波形の解析結果を学習することで送信センサによるタッチ位置を認識する。今回タッチを認識した位置は、図 2-b に示した手の甲の 9 点である。

### 2.5 システム構成

本システムの構成を図 4 に示す。超音波を送受信するセンサは村田製作所の MA40MF14-0B とし、これを Roland のオーディオインターフェイス OCTA-CAPTURE によって駆動させる。サウンドカードのサンプリング周波数は 96kHz、量子化ビット数は 24bit とした。受信信号の増幅には東芝のアンプ TA7252AP を用いた。入力された信号の解析は MATLAB によって行う。解析結果の学習にはサポートベクターマシンを用い、これも MATLAB 上で実装した。

送信センサを駆動させる信号の掃引範囲は 25-39kHz とし、中心周波数 (40kHz) を避けることで大きな出力を抑える。駆動電圧は 40mV 以下とした。これらは人体に対す

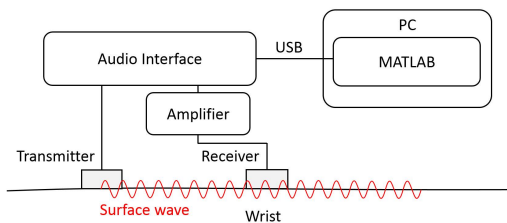


図 4 システム構成  
 Figure 4 System configuration

る超音波の安全基準[3] (25-40kHz では 110dB 以下) に準じて決定した。しかし、現状でも掃引範囲内で 70-80dB 程度の出力があり、今後さらに小さくしていく必要がある。

### 3. 認識結果

ユーザのジェスチャ及びタッチの動作に対応した超音波の受信波形を図 5 に示す。動作によって波形が異なることが読み取れる。この波形を学習し、全ジェスチャと全タッチについて、それぞれ 10 セットずつ認識を行った。その結果、ジェスチャ認識の正答率は 80.00% であった。しかし前半の 5 セットでは 88.89%、後半の 5 セットでは 71.11% となった。タッチ認識の正答率は全体で 94.95% であった。

現在のプロトタイプでは、ジェスチャの認識が特に安定性に欠ける。認識の後半に正答率が著しく下がったのは、ユーザのハンドジェスチャの動き自体がセンサのずれの原因となったためと考えられる。そのため、センサをしっかりと肌に密着させて固定するための工夫が求められる。全体の認識精度を上げるための改善案としては、(1) 周波数の掃引範囲を広くすること、(2) センサの配置を、その総数を増やすことまで含めて再検討することが挙げられる。

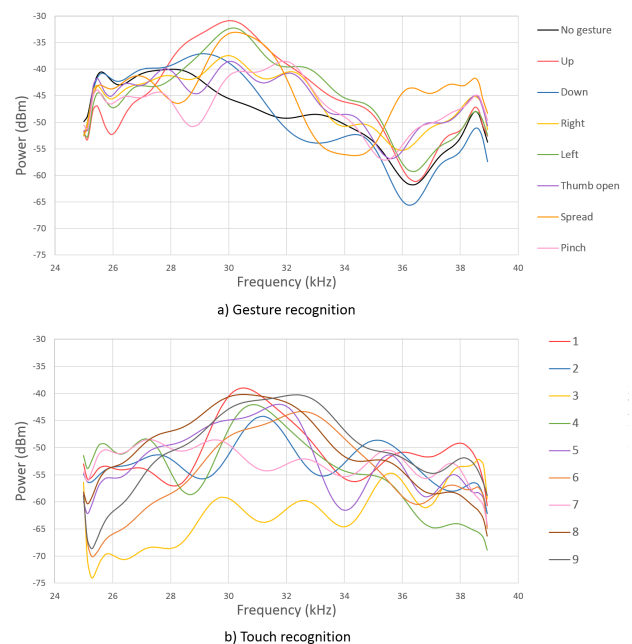


図 5 受信波形 (a.ジェスチャ認識, b.タッチ認識)  
 Figure 5 Received waves (a. gesture recognition, b. touch recognition)

### 参考文献

- 1) Okawa, Y., et al. Haptic-enabled Active Bone-Conducted Sound Sensing. In Proc UIST '15, 87-88.
- 2) Mujibiya, A., et al. The sound of the touch: on body touch sensing based on transdermal ultrasound propagation. In Proc. ITS '13, 189-198.
- 3) Guidelines for the Safe Use of Ultrasound: Part II - Industrial & Commercial Applications - Safety Code 24, [http://www.hc-sc.gc.ca/ehw-sem/pubs/radiation/safety-code\\_24-secrite/index-eng.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ehw-sem/pubs/radiation/safety-code_24-secrite/index-eng.php). Accessed on December 14, 2015.